

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-217802**

(43)Date of publication of application : **10.08.2001**

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
H04L 7/08

(21)Application number : **2000-022459**

(71)Applicant : **KYOCERA CORP**
KDDI CORP
KYOCERA DDI MIRAI TSUSHIN
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : **31.01.2000**

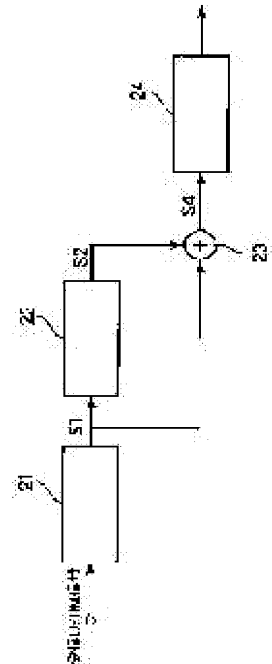
(72)Inventor : **EN HIROSHI**
OZEKI TAKEO
RO HO
HAMAI TATSUAKI

(54) SYMBOL TIMING DETECTION CIRCUIT FOR OFDM SIGNAL DEMODULATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the detection accuracy of symbol timing needed to set a time window for a FET operation performed to demodulate a received OFDM signal.

SOLUTION: A conventional 1st correlation signal S1 used to detect the symbol timing is delayed by a delay circuit 22 to obtain a 2nd correlation signal S2. The 1st and 2nd correlation signals S1 and S2 are added by an addition circuit 23 and a 3rd correlation signal S3 is outputted. The relative error of peak position detection can drastically be improved by detecting the maximum peak of the signal S3 by a detection circuit 24 since the peak of the signal S3 is strengthened more than that of the signal S1.



(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公 開 特 許 公 報 (A) (11)特許出願公開番号
特開2001-217802
(P2001-217802A)
(43)公開日 平成13年 8 月10日 (2001. 8. 10)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 L 7/08		H 0 4 L 7/08	A 5 K 0 4 7

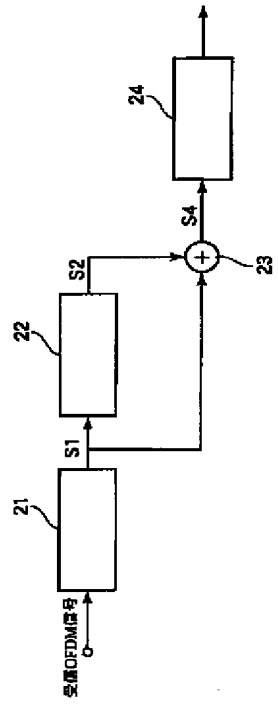
審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21)出願番号	特願2000-22459(P2000-22459)	(71)出願人	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町 6 番地
(22)出願日	平成12年 1 月31日 (2000. 1. 31)	(71)出願人	000208891 ケイディーディーアイ株式会社 東京都新宿区西新宿二丁目 3 番 2 号
		(71)出願人	598146942 株式会社京セラディーディーアイ未来通信 研究所 東京都渋谷区神宮前 6 - 27 - 8
		(74)代理人	100072383 弁理士 永田 武三郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 OFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路

(57) 【要約】
【課題】 受信OFDM信号を復調するために行われるFFT演算用の時間窓を設定するために必要なシンボルタイミングの検出精度を向上させることである。
【解決手段】 シンボルタイミングを検出するために利用していた従来の第1の相関信号S1を遅延回路22で遅延し、第2の相関信号S2を得る。第1の相関信号S1と第2の相関信号S2は加算回路23で加算され、第3の相関信号S3を出力する。第3の相関信号S3のピークはS1よりも強化されているので、S3の最大ピークを検出回路24で検出することによりピーク位置検出の誤差率を大幅に改善できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 受信OFDM信号と、その所定時間遅延信号とから第1の相関信号を演算する相関演算手段と、上記第1の相関信号を所定時間遅延させて第2の相関信号を得る遅延手段と、上記第1の相関信号と第2の相関信号とを加算して第3の相関信号を得る加算手段と、上記第3の相関信号の所定時間内のピーク値から受信OFDM信号の復調用シンボルタイミングを検出する検出手段と、
10 備えたことを特徴とするOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路。

【請求項2】 前記第1の演算手段は、
受信OFDM信号を所定時間遅延させる第1の遅延回路と、
第1の遅延回路の出力信号の共役複素信号を得るための第1の演算回路と、
上記共役複素信号と受信OFDM信号とを乗算する乗算回路と、
上記乗算回路の出力信号を移動平均する第1の移動平均
20 回路と、
受信OFDM信号の自乗演算を行う第1の自乗演算回路と、
上記第1の自乗演算回路の出力信号を移動平均する第2の移動平均回路と、
上記第1の移動平均回路の出力信号の自乗演算を行う第2の自乗演算回路と、
上記第2の移動平均回路の出力信号の自乗演算を行う第3の自乗演算回路と、
上記第2の自乗演算回路の出力信号を、第3の自乗演算
30 回路の出力信号で除算する除算回路と、で構成されたことを特徴とする請求項1記載のOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路。

【請求項3】 前記検出回路は、
前記加算手段からの第3の相関信号のピーク値を検出する検出回路と、
上記ピーク値を保持する保持回路と、
上記ピーク値検出から所定時間内に上記ピーク値より高いピーク値を検出されない時にピークタイミングを出力するタイミング制御回路と、
40 上記ピークタイミングにตอบสนองしてシンボルタイミング信号を生成するタイミング信号生成回路と、から成ることを特徴とする請求項1又は2記載のOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はデジタル無線通信システムに用いるOFDM（直交周波数分割多重、Orthogonal Frequency Division Multiplexing）信号の復調のために必要なシンボルタイミングを検出する検出回

路の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】OFDM変調方式は送信側でサブキャリア毎に、入力信号をQPSK（Quadarature Phase Shift Keying）等で変調を行い、それにより得られた信号に対して逆高速フーリエ変換（IFFT）を行うことでOFDM変調波信号を生成する。一方、受信側では受信したOFDM変調波信号に対して高速フーリエ変換（FFT）を行った後、復調を行う。従って、受信側ではFFT用の時間窓を設定するための受信信号のシンボルタイ
10 ミングを得る必要がある。OFDM伝送方式では通常ガードインターバル（GI）と呼ばれるIFFT出力の繰り返し信号や、信号系列の先頭部分にプリアンブルと呼ばれる既知信号を付加して送信し、受信側ではこの信号区間での相関を利用しタイミングを検出する手法が一般的である。

【0003】図3にOFDM復調器で相関信号のピークを検出することによりシンボルタイミングを検出する従来の手法の構成例を示す。図3において、OFDM受信信号a1は遅延回路a2に入力される。遅延回路a2ではTw時間だけ上記受信信号が遅延される。ここで、TwはOFDM信号の変調及び復調に用いるIFFT及びFFTの時間窓の時間幅である。遅延回路a2の出力信号は複素共役信号生成回路a3に入力される。該回路a3からの複素共役信号は、乗算回路a4で上記受信信号a1と乗算される。乗算回路a4の出力信号は移動平均フィルタa6に入力される。移動平均フィルタa6では上記出力信号のTw時間の平均化が行われる。移動平均フィルタa6の出力信号は自乗演算回路a8に入力され、自乗演算出力信号に変換される。一方、OFDM受信信号a1は自乗演算回路a5に入力され、自乗演算出力信号に変換され、その自乗演算出力信号は移動平均フィルタa7に入力される。移動平均フィルタa7では該自乗演算出力信号のTw時間の平均化が行われる。移動平均フィルタa7の出力信号は、自乗演算回路a9に入力され、自乗演算出力信号に変換される。除算回路a10では、自乗演算回路a8の出力信号を自乗演算回路a9の出力信号で除算する。除算回路a10の出力信号（相関ピーク）はあるしきい値と比較され、しきい値より大きい値が検出されたら、その時刻から一定の時間内での最大値をバッファa11に蓄える。ピーク位置検出回路a12ではバッファ内の値から除算回路a10の出力信号のピーク位置を検出し、そのピーク位置からタイミング信号生成回路a13でシンボルタイミングをとるための信号を生成する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】OFDM変調方式は、フェージングやゴースト等の妨害に強い変調方式であり、移動体通信向けに応用が検討されてきている。OFDM受信装置では、受信信号に対してFFT演算を行う

ため、FFT演算用の時間窓を設定する必要があり、そのためにシンボルタイミングの検出精度の向上が求められる。

【0005】従来の構成では、図3に示されるようにOFDM受信信号の相関性が高い系列部分を利用するために受信信号に対し遅延信号を生成し、OFDM受信信号と遅延信号の相関のピークからタイミングを検出していた。しかし、この手法だけでは受信信号電力に対する雑音電力の割合が高くなると、相関のピークが鈍り、タイ

ミング検出の精度が劣化する。

【0006】本発明はこの問題を解決し、受信信号電力に対する雑音電力の割合が高くなっても相関のピークの鈍りが少ない、OFDM復調用シンボルタイミング検出回路を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路は、受信OFDM信号と、その所定時間遅延信号とから第1の相関信号を演算する相関演算手段と、上記第1の相関信号を所定時間遅延させて第2の相関信号を得る遅延手段と、上記第1の相関信号と第2の相関信号とを加算して第3の相関信号を得る加算手段と、上記第3の相関信号の所定時間内のピーク値から受信OFDM信号の復調用シンボルタイミングを検出する検出手段と、を備えたことを要旨とする。

【0008】本発明において、前記第1の演算手段は、受信OFDM信号を所定時間遅延させる第1の遅延回路と、第1の遅延回路の出力信号の共役複素信号を得るための第1の演算回路と、上記共役複素信号と受信OFDM信号とを乗算する乗算回路と、上記乗算回路の出力信号を移動平均する第1の移動平均回路と、受信OFDM信号の自乗演算を行う第1の自乗演算回路と、上記第1の自乗演算回路の出力信号を移動平均する第2の移動平均回路と、上記第1の移動平均回路の出力信号の自乗演算を行う第2の自乗演算回路と、上記第2の移動平均回路の出力信号の自乗演算を行う第3の自乗演算回路と、上記第2の自乗演算回路の出力信号を、第3の自乗演算回路の出力信号で除算する除算回路と、で構成してもよい。

【0009】更に、本発明において、前記検出回路は、前記加算手段からの第3の相関信号のピーク値を検出する検出回路と、上記ピーク値を保持する保持回路と、上記ピーク値検出から所定時間内に上記ピーク値より高いピーク値を検出されない時にピークタイミングを出力するタイミング制御回路と、上記ピークタイミングに応答してシンボルタイミング信号を生成するタイミング信号生成回路と、から成るように構成してもよい。

【0010】

【発明の実施の形態】図3に示す従来の構成では、受信信号と受信信号をTw時間遅延させた遅延信号から受信

信号と遅延信号との相関を表す相関信号を生成し、相関信号のピーク位置からのみシンボルタイミングを検出していたため、ピーク位置が変動しやすいということが問題であった。

【0011】本発明はかかる問題を解決するため、図2に示すように、受信OFDM信号とその所定時間遅延信号との相関を表す第1の相関信号S1と、該第1の相関信号S1を所定時間遅延させた第2の相関信号S2と、を加算した第3の相関信号S3のピークから前記シンボルタイミングの検出を行う方法を実施する。

【0012】図1は上記本発明の方法を実施するための原理的構成を示す。同図において、21は相関演算回路で、受信OFDM信号とその所定時間遅延信号との相関を表す第1の相関信号S1を生成する。第1の相関信号S1は所定時間T3毎にピークP1を示す。

【0013】22は遅延回路で、第1の相関信号S1を上記時間T3だけ遅延させて第2の相関信号S2を生成する。

【0014】23は加算回路で、第1の相関信号S1と第2の相関信号S2を加算して第3の相関信号S3を生成する。

【0015】第2の相関信号S2は第1の相関信号S1を時間T3だけ遅延させているので、第2の相関信号S2のピークP2は第1の相関信号S1の対応するピークP1の時間T3だけ遅れて表れる。従って第1及び第2の相関信号S1、S2の和で表される第3の相関信号S3はS1とS2のピーク位置が重なる時刻に大きな値のピークP3を有することになる。

【0016】24は検出回路で、第3の相関信号S3の所定時間内の上記ピークP3から受信OFDM信号の復調用シンボルタイミングを検出する。

【0017】このように本発明では、従来のシンボルのタイミングを検出するために利用していた第1の相関信号S1のピークP1を、第3の相関信号S3のピークP3を得ることによってより強化することにより、ピーク位置検出の誤差を大幅に削減してシンボルタイミングの検出精度を向上させている。

【0018】

【実施例】以下、上述した本発明の実施の形態に基づき、本発明のOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路の一実施例を図4を参照して説明する。図4において、1は入力信号（受信OFDM信号）、2は遅延回路、3は共役複素信号生成回路、4は乗算回路、5は自乗回路、6及び7は移動平均フィルタ、8及び9は自乗回路、10は除算回路であり、これら回路2～10は前記相関演算回路21を構成する。11は遅延回路で、前記遅延回路22に相当し、12は加算器で、前記加算回路23に相当する。

【0019】また、13及び14は比較回路、15はバッファ、16はタイミング制御部、17はタイミング信

10

20

30

40

50

号生成回路で、これら回路13～17により、前記検出回路24が構成されている。

【0020】図2の実施例において、受信OFDM信号1は遅延回路2に入力される。遅延回路2では時間T1だけ受信OFDM信号1が遅延される。ここでT1は、例えば、受信OFDM信号1のプリアンブルにおける短いOFDMシンボルの時間である。遅延回路2の出力信号は共役複素信号生成回路3に入力される。該回路3からの共役複素出力信号は受信OFDM信号1と乗算回路4で複素乗算される。乗算回路4の出力信号は移動平均
10 フィルタ6に入力される。該フィルタ6では時間T2の平均化が行われる。ここでT2は、例えば、受信OFDM*

$$S1 = PP(n) - \frac{P(n) * P(n)^*}{Ps(n) * Ps(n)} \quad (1)$$

$$P(n) = \left(\sum_{d=-47}^0 x_{n+d} * x_{n+d-16}^* \right) * e^{j\theta} \quad (2)$$

$$Ps(n) = \sum_{d=-47}^0 x_{n+d} * x_{n+d}^* \quad (3)$$

ここで、 x_{n+d} は受信OFDM信号、 x_{n+d-16} は遅延信号、 θ は位相差である。

【0022】第1の相関信号S1は遅延回路11に入力され、所定時間T3遅延され、第2の相関信号S2に変換される。第2の相関信号S2は第1の相関信号S1と加算器12で加算され、第3の相関信号S3を生成する。

【0023】ここで、例えば、

$$S2 = PP(n-80) \quad (4)$$

$$S3 = PP(n) + PP(n-80) \quad (5)$$

であり、第3の相関信号S3は前述のように検出回路24に入力され、前記ピークP3よりシンボルタイミングを検出する。

【0024】検出回路24において、第3の相関信号S3は比較器13であるしきい値と比較され、しきい値Sを越えた値の信号はバッファ15の値と比較器14で比較され、バッファ15の値より大きい値であればバッファ15に新しい値の信号として保持される。タイミング制御部16では、新たな値の信号がバッファ15に蓄えられた時点から、ある一定時間Tのタイミングをカウントし、その間に新たにバッファ15に新たな値の信号が保持されなければ、カウントしたタイミング数からシンボルのタイミングを検出し、タイミング信号生成回路17で、タイミング制御のための信号を生成する。

【0025】図5は、一例として、ETSI/BRANのHYPERLAN Type2規格案によるOFDM信号のプリアンブル部の信号形式を示す。このプリアンブル

* M信号1のプリアンブルにおける短いOFDMシンボルの時間の3倍の時間である。フィルタ6の出力信号は自乗回路8に入力される。また、受信OFDM信号1は自乗回路5で自乗される。自乗回路5の出力信号は移動平均フィルタ7で時間T2の平均が求められる。該フィルタ7の出力信号は自乗回路9に入力される。除算回路10では、自乗回路8の出力信号を自乗回路9の出力信号で除算する正規化演算が行われ、第1の相関信号S1が出力される。S1は、例えば、下記のように定義される。

【0021】

【数1】

(1)

(2)

(3)

部（例えば16μsec）は、A、B、Cフィールドから構成され、本発明では、B又はA及びBフィールドの信号区間A1での規格信号（受信OFDM信号）と遅延信号との相関を利用し、上述したようにして得たピークPa、Pbからシンボルタイミングを検出するが、図6にそのシンボルタイミング検出率QとCNRとの関係を示す。同図より、CNRが10dB以上であれば十分良好な検出率Qが得られることが分かり、またBフィールドだけを利用する場合Q1より、A及びBフィールドを利用する場合Q2の方が改善度が良好となる。

【0026】図7は第3の相関信号S3に関連する特徴量MM(n)によりシンボルタイミングを検出する場合のタイミング（サンプリング数）とMM(n)の関係を示す一例で、これは前述した検出回路24の動作を示しており、MaxpotMMはバッファ15に蓄えられた最大ピーク値に相当し、またピーク検出幅は前記一定時間Tのタイミングカウントに相当する。

【0027】なお、前記相関演算回路21は図4の構成に限定されないこと勿論である。また相関をとるために利用されるプリアンブル部の構成についても同様である。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、従来のOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路に対し簡易な回路の追加のみで、シンボルタイミングの検

10

30

40

50

出精度を大幅に改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の基本的動作原理の説明図である。

【図3】従来のOFDM信号復調用シンボルタイミング検出回路の一例を示すブロック図である。

【図4】本発明の一実施例を示すブロック図である。

【図5】OFDM信号のプリアンブル部の信号形式の一例を示す図である。

【図6】本発明におけるシンボルタイミング検出率とC/NRとの関係を示す図である。

【図7】特徴量MM(n)とタイミングの関係を示す図である。

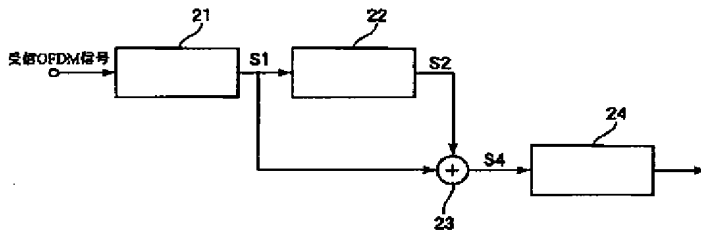
【符号の説明】

- 1 受信OFDM信号
- 2 遅延回路
- 3 共役複素信号生成回路
- 4 乗算回路

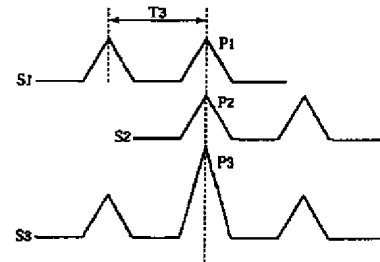
- * 5 自乗回路
- 6 移動平均フィルタ
- 7 移動平均フィルタ
- 8 自乗回路
- 9 自乗回路
- 10 除算回路
- 11 遅延回路
- 12 加算器
- 13 比較回路
- 14 比較回路
- 15 バッファ
- 16 タイミング制御部
- 17 シンボルタイミング信号生成回路
- 21 相関演算回路
- 22 遅延回路
- 23 加算回路
- 24 検出回路

*

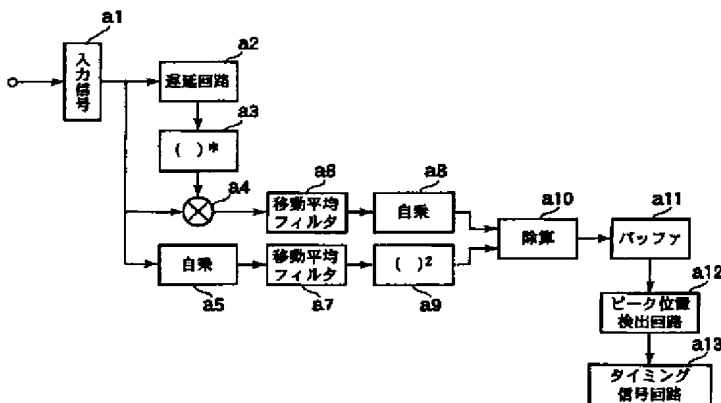
【図1】



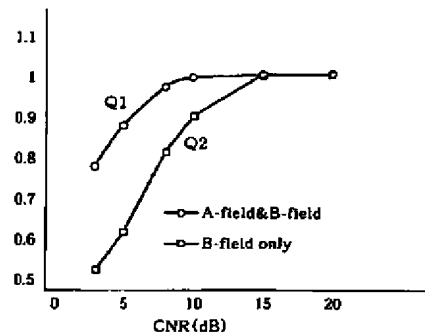
【図2】



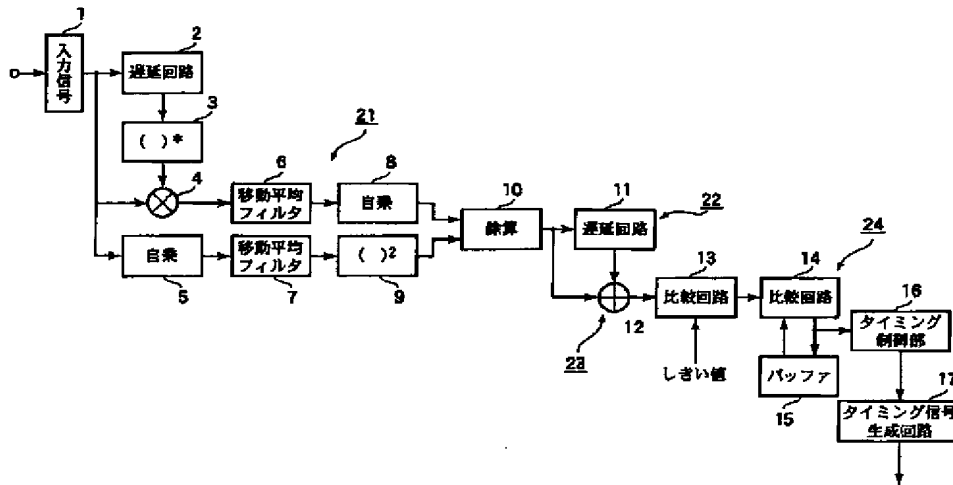
【図3】



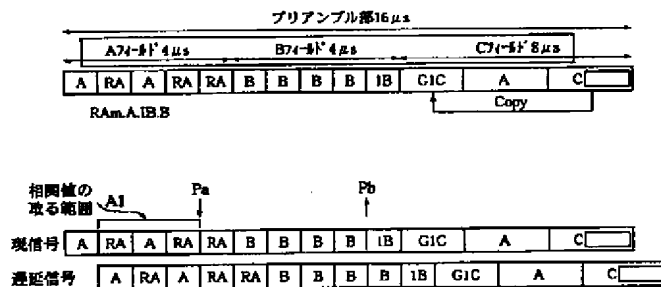
【図6】



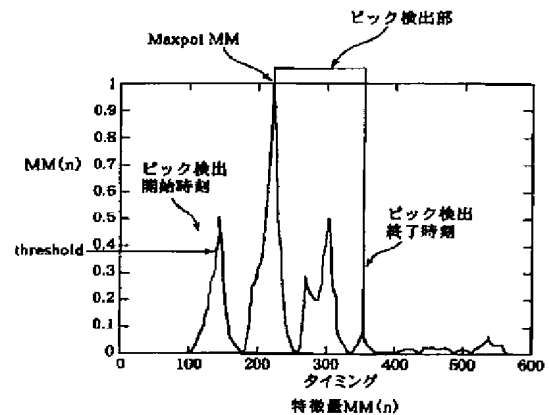
【図4】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 袁 浩

東京都渋谷区神宮前6-27-8 株式会社
京セラディーディーアイ未来通信研究所内

(72)発明者 大関 武雄

東京都渋谷区神宮前6-27-8 株式会社
京セラディーディーアイ未来通信研究所内

(72)発明者 盧 鋒

東京都渋谷区神宮前6-27-8 株式会社
京セラディーディーアイ未来通信研究所内

(72)発明者 濱井 龍明

東京都渋谷区神宮前6-27-8 株式会社
京セラディーディーアイ未来通信研究所内

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD17 DD19 DD33

DD42

5K047 AA03 BB01 CC01 HH03 HH15

HH53 MM36

第7部門(3)

出願人の名義変更

(平成14年1月31日(2002.1.31)発行)

特 許 公開番号	分 類	識別 記号	出願番号	旧出願人及び代理人	新出願人及び代理人
2001-217802	H04J 11/00		2000- 22459	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田島羽 殿町6番地 000208891 ケイディーディーアイ株式会 社 東京都新宿区西新宿二丁目3 番2号 598146942 株式会社京セラディーディー アイ未来研究所 東京都渋谷区神宮前6-27- 8 代理人 100072383 永田 武三郎	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田島羽 殿町6番地 000208891 ケイディーディーアイ株式会 社 東京都新宿区西新宿二丁目3 番2号 599108264 株式会社ケイディーディーア イ研究所 埼玉県上福岡市大原2-1- 15 代理人 100072383 永田 武三郎
2001-223631	H04B 7/26		2000- 33399	598146942 株式会社京セラディーディー アイ未来研究所 東京都渋谷区神宮前6-27- 8 000208891 ケイディーディーアイ株式会 社 東京都新宿区西新宿二丁目3 番2号 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田島羽 殿町6番地 代理人 100072383 永田 武三郎	599108264 株式会社ケイディーディーア イ研究所 埼玉県上福岡市大原2-1- 15 000208891 ケイディーディーアイ株式会 社 東京都新宿区西新宿二丁目3 番2号 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田島羽 殿町6番地 代理人 100072383 永田 武三郎
上記は出願公開前に承継されたものである。					